

Sonntag, Dörte; Bodensiek, Oliver; Albuquerque, Georgia; Magnor, Marcus Andreas; Teaching Trends: Die Präsenzhochschule und die digitale Transformation (4. : 2018 : Braunschweig)

Das Projekt TeachAR. Eine hybride Lehr-Lern-Umgebung in der erweiterten Realität

Robra-Bissantz, Susanne [Hrsg.]; Bott, Oliver J. [Hrsg.]; Kleinefeld, Norbert [Hrsg.]; Neu, Kevin [Hrsg.]; Zickwolf, Katharina [Hrsg.]: Teaching Trends 2018. Die Präsenzhochschule und die digitale Transformation. Münster; New York : Waxmann 2019, S. 75-81. - (Digitale Medien in der Hochschullehre; 7)



Quellenangabe/ Reference:

Sonntag, Dörte; Bodensiek, Oliver; Albuquerque, Georgia; Magnor, Marcus Andreas; Teaching Trends: Die Präsenzhochschule und die digitale Transformation (4. : 2018 : Braunschweig): Das Projekt TeachAR. Eine hybride Lehr-Lern-Umgebung in der erweiterten Realität - In: Robra-Bissantz, Susanne [Hrsg.]; Bott, Oliver J. [Hrsg.]; Kleinefeld, Norbert [Hrsg.]; Neu, Kevin [Hrsg.]; Zickwolf, Katharina [Hrsg.]: Teaching Trends 2018. Die Präsenzhochschule und die digitale Transformation. Münster ; New York : Waxmann 2019, S. 75-81 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-179248 - DOI: 10.25656/01:17924

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-179248>

<https://doi.org/10.25656/01:17924>

in Kooperation mit / in cooperation with:



WAXMANN
www.waxmann.com

<http://www.waxmann.com>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de



TEACHING TRENDS18

ELAN e.V. Kongress – Braunschweig

Die Präsenzhochschule und
die digitale Transformation

Susanne Robra-Bissantz

Oliver J. Bott

Norbert Kleinefeld

Kevin Neu

Katharina Zickwolf

(Hrsg.)

DIGITALE MEDIEN

IN DER HOCHSCHULLEHRE

Eine Publikationsreihe des ELAN e.V.

herausgegeben vom
ELAN e.V.

Band 7

Der gemeinnützige Verein E-Learning Academic Network e.V. (ELAN e.V.) wirkt als Impulsgeber zur stetigen Qualitätsverbesserung der medienbasierten Lehre an niedersächsischen Hochschulen und befördert durch seine Unterstützungsmaßnahmen die Kooperation der Mitgliedshochschulen und weiterer Mitglieder im Bereich standortübergreifender und E-Learning gestützter Lehre.

Susanne Robra-Bissantz, Oliver J. Bott, Norbert Kleinefeld,
Kevin Neu, Katharina Zickwolf (Hrsg.)

Teaching Trends 2018

Die Präsenzhochschule und
die digitale Transformation



Waxmann 2019
Münster • New York

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Digitale Medien in der Hochschullehre, Bd. 7

Print-ISBN 978-3-8309-4012-8

E-Book-ISBN 978-3-8309-9012-3 (open access)

© Waxmann Verlag GmbH, 2019

www.waxmann.com

info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Steffen Ottow, Clausthal

Umschlagbild: © Right 3 – fotolia.com

Satz: Roger Stoddart, Münster

Druck: CPI books GmbH, Leck

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier,
säurefrei gemäß ISO 9706



Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhalt

Vorwort.....	9
<i>Susanne Robra-Bissantz</i> Editorial	11
<i>Friedrich W. Hesse und Jens Jirschitzka</i> Die Architektur von Lernräumen	13

Strategie

<i>Oliver J. Bott und Jasmin Piep</i> Editorial	19
<i>Virginia Penrose, Oliver Hormann und André Tatjes</i> Quantitativ – Qualitativ – Innovativ Die Methoden-Lehr-Lern-Plattform „Teaching Apart Together“ (TAT).....	21
<i>Marcus Birkenkrahe, Anne Hingst und Susanne Mey</i> „Ja, ich will.“ Wie können Lehrende für die digitale Transformation begeistert werden?.....	30
<i>Simone Kauffeld, Christoph Herrmann, Katharina Heuer, Stefanie Pulst und Meike Kühne</i> GLuE – Gemeinsam Lernen und Erfahren Eine innovative und interdisziplinäre Lehr-Lern-Kooperation	36
<i>Ronny Röwert</i> Unterstützung von Strategien für Hochschulbildung im digitalen Zeitalter durch Peer-to-Peer-Beratungen Wie die Schärfung der eigenen Hochschulstrategie für Studium und Lehre im Dialog gelingen kann	43

Lehre

<i>Katharina Zickwolf und Kevin Neu</i> Editorial	51
<i>Lotte Neumann, Giulia Covezzi, Sebastian Becker und Margarete Boos</i> Erklärclips Der gelungene Spagat zwischen Lehrmethode- und Medienkompetenz	53

<i>Linda Eckardt und Susanne Robra-Bissantz</i> Lost in Antarctica Spielerisches Erlernen von Informationskompetenz.....	62
<i>Francine Meyer und Monika Taddicken</i> Hackdays als alternatives Lehrformat? Eine empirische Betrachtung eines Beispiellehrformats in Bezug auf mediale und technologische Bildung	68
<i>Dörte Sonntag, Oliver Bodensiek, Georgia Albuquerque und Marcus Magnor</i> Das Projekt TeachAR Eine hybride Lehr-Lern-Umgebung in der erweiterten Realität.....	75
<i>Markus Gerke, Isabelle Dikhoff und Yahya Ghassoun</i> Vom Bild zum 3D-Modell: VR meets Inverted Classroom Projektbericht zum Lehr-Lern-Konzept im Rahmen des Innovationsprogrammes Gute Lehre von Teach4TU	82
<i>Linda Eckardt, Adam Jankowiak und Susanne Robra-Bissantz</i> Wollen Studierende in einer virtuellen Realität lernen? Ein vergleichendes Meinungsbild	89

Forschung

<i>Susanne Robra-Bissantz</i> Editorial	97
<i>Marc Gürtler, Nicole Nicht und Eileen Witowski</i> Die digitale Vorlesung zur Steigerung der Effektivität und Effizienz des Lernens in Großgruppen	99
<i>Eva Nolte und Karsten Morisse</i> Inverted Classroom Eine Methode für vielfältiges Lernen und Lehren?	105
<i>Claudia M. König</i> Peervideofeedback Ein Blended-Learning-Konzept in der ersten Phase der Lehrer*innenbildung	113
<i>Doris Meißner und Rüdiger Rhein</i> Ressourcenentwicklung in digital gestütztem Achtsamkeitstraining für Lehramtsstudierende Das Webinar als Lernort für Reflexion und Achtsamkeit? Ein Erfahrungsbericht	121

<i>Katharina Wedler und Rana Huy</i> Effekte produktiver Medienarbeit auf die Selbstwirksamkeitserwartung von Lehramtsstudierenden Erklärvideos als Methode universitärer Wissensvermittlung	130
<i>Linda Eckardt, Sebastian Philipp Schlaf, Merve Barutcu, Daniel Ebsen, Jan Meyer und Susanne Robra-Bissantz</i> Empirische Untersuchung des Einflusses der Identifikation mit einer Spielgeschichte auf den Lernerfolg bei einem Serious Game	139
<i>Nine Reining, Lena C. Müller-Frommeyer, Frank Höwing, Bastian Thiede, Stephanie Aymans, Christoph Herrmann und Simone Kauffeld</i> Evaluation neuer Lehr-Lern-Medien in einer Lernfabrik Eine Usability-Studie zu App- und AR-Anwendungen.....	146

Technik und Recht

<i>Norbert Kleinefeld</i> Editorial	155
<i>Sabine Stummeyer</i> Open Educational Resources im Hochschulbereich Neue Aufgaben für Bibliotheken.....	157
<i>Mareike Herbstreit</i> Open Educational Resources (OER) Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes in Hochschulen.....	166
<i>Fiona Binder, Dominik Brysch, Martin Peters, Susanne Robra-Bissantz, Patrick Helmholz und Alexander Perl</i> Urheberrecht in der Lehre Entscheidungen leicht gemacht.....	175
<i>Ara Ezat, Lena Neumann, Stefan Sievert, Susanne Robra-Bissantz, Patrick Helmholz und Alexander Perl</i> Herausforderungen im Datenschutz an der Hochschule Generierung von Lösungsvorschlägen für Forschung und Lehre	182
<i>Jörn Loviscach und Mathias Magdowski</i> Audience Response durch Zeichnen statt Clickern Ein webbasiertes System zum kollaborativen grafischen Lösen von Aufgaben.....	189
<i>Oliver Müller, Robert Garmann und Oliver Rod</i> Systeme zur automatisierten Bewertung von Programmen und das ProFormA-Aufgabenaustauschformat.....	195

Kai Tegethoff, Tobias Ring, Nils Goseberg und Sabine C. Langer

Online-Lernplattformen zur Unterstützung der Lehre im

Küsteningenieurwesen und der Akustik

Entwicklung und Implementierung einer wikibasierten

Online-Lernplattform und deren Integration in ein Lehrkonzept201

Jan-Paul Huttner, Melike Karaduman und Eduard Spengler

EduPalace

Die Gestaltung eines virtuellen Gedächtnispalastes208

Autorinnen und Autoren.....215

Das Projekt TeachAR

Eine hybride Lehr-Lern-Umgebung in der erweiterten Realität

1. Einführung

Im Projekt TeachAR wurden mittels Augmented Reality (AR) erweiterte Experimentierungsumgebungen mit dem Ziel entwickelt, unterschiedliche Lernräume der Physik stärker miteinander zu verbinden. Allgemein wird AR dazu genutzt, eine Kombination aus realer Umwelt und virtueller Realität zu erzeugen, indem insbesondere ein dreidimensionaler Bezug zwischen virtuellen und realen Objekten geschaffen wird. Die Nutzer können sowohl mit den realen als auch mit den virtuellen und visuell dargestellten Objekten in Echtzeit interagieren. Für eine zweidimensionale Darstellung der virtuellen Objekte im dreidimensionalen Raum ist ein Tablet oder ein Smartphone als Medium ausreichend. Ein deutlich höherer Grad an Immersion wird jedoch bei einer dreidimensionalen Wahrnehmung der virtuellen Objekte durch den Betrachter unter Verwendung von halbtransparenten AR-Brillen erzielt. Die Effektivität des Einsatzes von AR im Bereich der Lehre konnte insbesondere im Zusammenhang mit abstrakten und komplexen Fachkonzepten gezeigt werden (Bacca, Baldiris, Fabregat, Graf & Kinshuk, 2014). Dabei ergaben sich in Lernzuwachsen, Motivation und Zusammenarbeit der Lernenden signifikante Vorteile gegenüber herkömmlichen, analogen Lehr-Lern-Settings.

Fachliche Lehr-Lern-Räume als Summe von Formen und Randbedingungen des Lehrens und Lernens können für die Physik grob in zwei Bereiche unterteilt werden: Auf der einen Seite stehen eher formal-theoretische Inhalte, zumeist mathematische Modelle oder mathematisch formulierte Theorien, deren Modellverhalten analytisch oder numerisch unter Zuhilfenahme von Visualisierungen erkundbar ist. Demgegenüber steht der experimentell-reelle Lernraum, in dem reales Systemverhalten beispielsweise anhand realer Experimente studiert wird (vgl. Abbildung 1). In der Regel sind diese Lernräume beispielsweise durch getrennte Lehrveranstaltungen wie Theorie-Vorlesung und Praktikum bereits rein formal getrennt. Darüber hinaus werden die Übergänge und Verbindungen zwischen diesen Inhaltsbereichen erst in der Modellbildung explizit adressiert, die in Hochschullehre und Unterricht jedoch meist wenig oder spät betont, oder gar den Lernenden selbst überlassen wird und so zu Verständnisschwierigkeiten führen kann (Uhden, 2016).

2. Didaktischer Hintergrund

Um formal-virtuelle mit experimentell-reellen Lernräumen unmittelbar zu verbinden und so die Lücke zwischen theoretischen und experimentellen Inhalten zu schließen, werden im Projekt *TeachAR* die Möglichkeiten der immersiven Form von AR ge-

nutzt. Dabei können physische, digitale und potenziell auch soziale Lernerfahrungen in einer neuartigen hybriden Lernumgebung mit vielfältigen Möglichkeiten integriert werden.

Im vorgestellten Projekt werden realen Experimenten mittels AR nicht nur „unsichtbare“ Messdaten visuell überlagert, sondern es wird unter Verwendung von zuvor berechneten Simulationsdaten eine dynamische Kopplung der Daten(-visualisierungen) an die experimentellen Parameter geschaffen. Dadurch wird ein direkter Vergleich zwischen dem theoretischen Modellverhalten und dem realen Experiment möglich.

Durch die mit Hilfe von AR erschaffene hybride Lernumgebung können Lernende theoretische Inhalte und das reale Experiment zeit- und ortsgleich studieren, wodurch zusätzliche kognitive Belastungen wie eine geteilte Aufmerksamkeit oder eine fehlende räumliche oder zeitliche Kontiguität reduziert werden können (Mayer, 2005). Den Lernenden werden alle für das Verständnis des Experiments wichtigen Aspekte zeitgleich visualisiert, sodass der Fokus verstärkt auf vernetzende Aspekte zwischen Experiment und Theorie gelegt werden kann. Durch die Herstellung von diesen Zusammenhängen kann beispielsweise das bei Lernenden im Bereich des Elektromagnetismus häufig nur fragmentierte Fachwissen miteinander verknüpft werden (Albe, Venturini & Lascours, 2001). Zusätzlich kann die Visualisierung der theoretischen Beschreibung dabei helfen, die abstrakten physikalischen Konzepte und Prozesse besser zu erfassen.

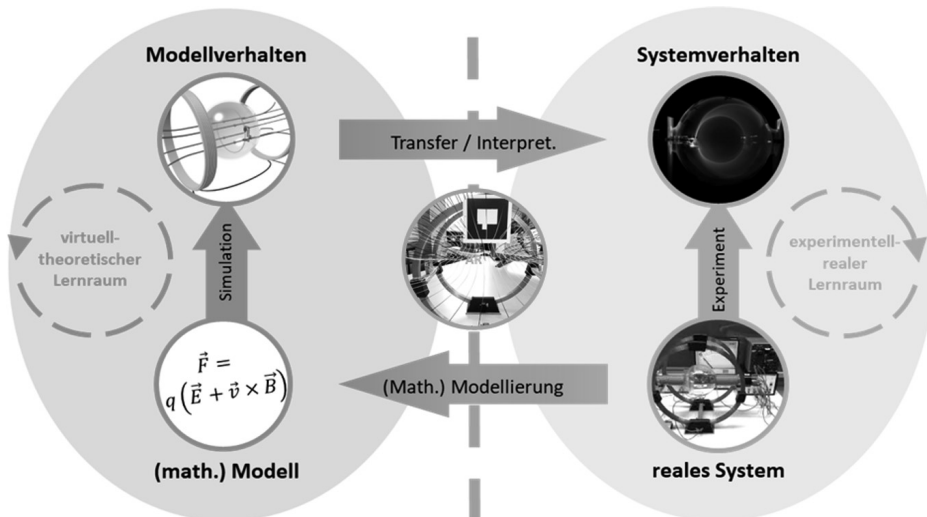


Abbildung 1: AR kann als verbindendes Element zwischen theoretischem und experimentellem Lernraum dienen und hybride Lernumgebungen mit vielfältigen Möglichkeiten erschaffen (eigene Darstellung)

3. Lehrformat: Experimente mit AR

Die Implementierung des dargestellten Ansatzes erfolgte im Rahmen des Lehramtsstudiums Physik in einem Experimentalpraktikum, das die Durchführung und Präsentation von Experimenten für den Unterricht fokussiert. Grundlage für diese Wahl waren einerseits die Adressierung der zunehmenden Digitalisierung des experimentellen Physikunterrichts, andererseits der Grad an Eigenständigkeit der Studierenden in diesem Lehr-Lern-Format. Die Studierenden erarbeiten dabei selbstständig zu verschiedenen unterrichtsrelevanten Versuchen korrespondierende Fachinhalte, setzen sich mit diesen auch fachdidaktisch auseinander, bereiten den Versuchsaufbau und eine unterrichtsnahe Versuchsdurchführung vor und präsentieren diese abschließend im Plenum. Die Weiterentwicklung der Medien- und medienpädagogischen Kompetenz der Studierenden ist in den Qualifikationszielen der Lehrveranstaltung bereits durch den ergänzenden Einsatz digitaler Werkzeuge und dessen didaktischer Reflexion enthalten. Die Verwendung von AR als zusätzliches digitales Werkzeug stellte damit per se keine Besonderheit für die Studierenden dar, jedoch wiesen sie keine Vorkenntnisse in der Nutzung von AR-Brillen auf, womit sowohl ein positiver, motivationaler Neuigkeitseffekt, als auch eine lernpsychologische Schwelle vorliegen könnte. Den Studierenden wurde daher eine Kurzeinführung in die AR-Technologie gegeben und die Verwendung der AR-Brille vorgestellt. Daraufhin nahmen sie eigenständig eine Kalibrierung der AR-Brille vor, die neben dem generellen Umgang bereits spezielle Aspekte der Mensch-Computer-Interaktion wie die Gestensteuerung beinhaltet. Daraufhin wurden diese neu erworbenen, rezeptiven Medienkompetenzen anhand der konkreten, im Rahmen des Projekts entwickelten, drei Demonstrationsexperimente aus dem Themenfeld Elektrizitätslehre zunächst unter Anleitung vertieft. In der weiteren eigenständigen Erprobung konnten sich die Studierenden damit auf einen im Projekt intendierten Aspekt der hybriden AR-Lernumgebung fokussieren: Die instantane Kopplung der experimentellen Handlungen an die Visualisierungen unterstützt dabei eine hohe räumliche und zeitliche Kontiguität. Damit wird für die Studierenden eine direkte Verbindung zwischen der Änderung experimenteller Parameter und dem Verhalten des Modells sichtbar. Ein konkretes Beispiel dafür ist in Abbildung 2 dargestellt. Darüber hinaus werden die Studierenden durch spezielle, im Projekt entwickelte, analoge Lehr-Lern-Materialien unterstützt.

Neben der Vertiefung von Fachinhalten für das eigene fachliche Lernen, reflektieren die Studierenden den möglichen Einsatz im Unterricht und setzen die AR-Technologie zur Präsentation ein. Dadurch erwerben Sie exemplarisch unterrichtsrelevante Kompetenzen zum Einsatz zukunftsorientierter, AR basierter hybrider Lernumgebungen. Sowohl die Nutzerfreundlichkeit, als auch Aspekte der Lernwirksamkeit wurden begleitend evaluiert (s. folgender Abschnitt) und darauf basierend die AR-Anwendungen und Materialien überarbeitet.

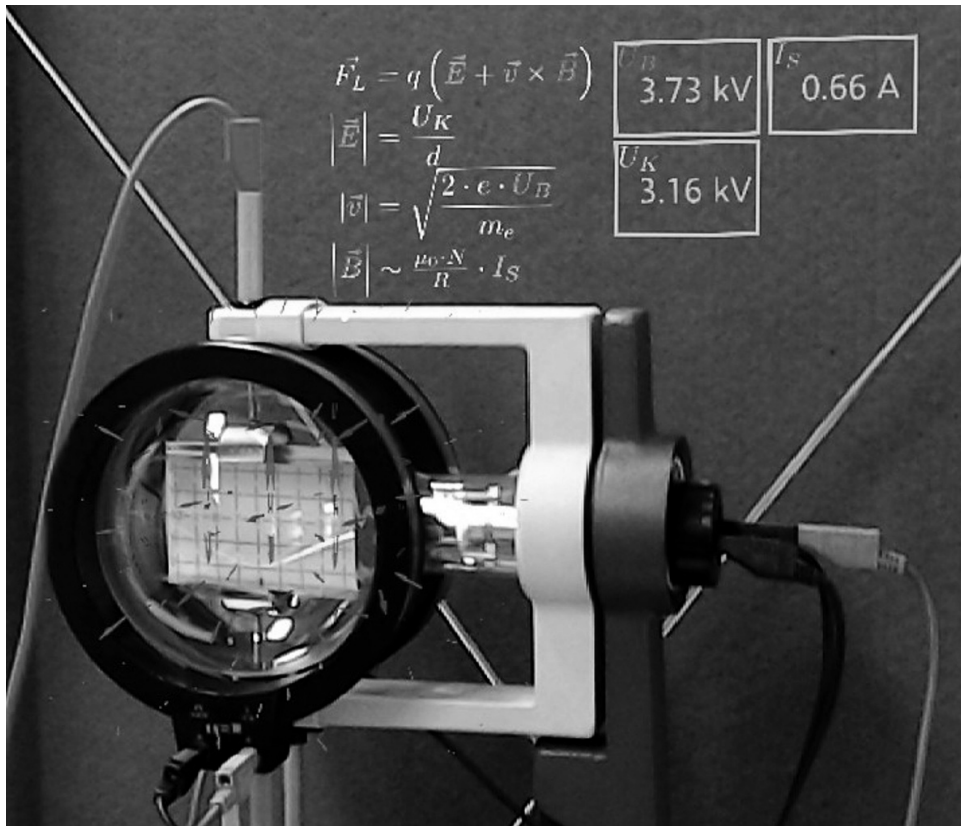


Abbildung 2: Visuell überlagerte Informationen über dem realen Experiment: elektrisches und magnetisches Feld, Formeln und Messwerte (Fotograf: Dörte Sonntag)

4. Feedback und Usability

Das Projekt wurde mit N=8 Lehramtsstudenten des Hauptschul-, Realschul- und gymnasialen Lehramts aus dem 3. bis 6. Bachelorsemester mit einer Interviewstudie zum konzeptuellen Verständnis im Prä-Post-Design sowie zu Usability-Aspekten explorativ evaluiert. So konnten neben einer Erhebung des Zuwachses an Fachwissen und dessen Vernetzung im Vorher-Nachher-Vergleich auch persönliche Erfahrungen der Studierenden mit der AR-Technologie sowie didaktische Reflexionen bzgl. des Einsatzes von AR-Experimentierumgebungen besser verstanden und nachvollzogen werden. Im Rahmen dieser ersten Evaluation konnten die AR-Umgebungen inkrementell sowohl in Bezug auf die Nutzerfreundlichkeit als auch in Hinblick auf fachdidaktische Zielsetzungen verbessert werden. So hat sich beispielsweise das zu Beginn notwendige Platzieren des virtuellen CAD-Modells über dem realen Experiment für die Hälfte der Studierenden als besonders anspruchsvoll herausgestellt. Dies ist notwendig, um eine räumlich korrekte Überlagerung der visualisierten Simulationsdaten zu erzielen. Um die Bedienung zu erleichtern, wurde daraufhin ein virtuelles Bedienfeld integriert, über das sich die Ausrichtung des Modells in kleinen Schritten optimieren lässt. Für

die kommende Version ist eine Erkennung über optische Marker vorgesehen, sodass eine manuelle Ausrichtung nicht mehr nötig ist.

Die Hälfte der Studierenden gab an, eine hohe Begeisterung und Freude in der Arbeit mit der AR-Technologie zu empfinden. In den Selbsteinschätzungen bewerteten 87,5% die AR-Anwendung als unterstützend beim Experimentieren, die zusätzlichen Informationen wurden folglich nicht nur selektiv aufgenommen, sondern auch in die Experimentierphase integriert. Da in der AR-Experimentierumgebung keine fachlichen Erklärungen zum Experiment an sich stehen, ist u. a. unter Verwendung der Lehr-Lern-Materialien eine Vorbereitung auf die Thematik notwendig. Aufbauend auf diesem Vorwissen können die Felder schließlich in der AR-Umgebung im Dreidimensionalen räumlich erkundet werden. 62,5% der Studierenden sagen von sich, dass die AR-Experimentierumgebung bei ihnen das Vorwissen aktiviert hat.

In der Studie hatte etwa ein Viertel der Studierenden das Gefühl eines Aufmerksamkeitstunnels, das bedeutet sie haben sich stärker auf die virtuellen Elemente als auf die reale Umgebung konzentriert. Das führt zunächst dazu, dass die Vorteile von AR wie eine räumliche und zeitliche Kontiguität verfallen. Ein möglicher Grund dafür liegt in der Usability der AR-Brille, da in etwa 50 % der Studierenden angemerkt haben, dass die Brille sehr schwer ist und bei etwa einem Drittel auch die Raumabtastung durch den Tiefensensor der AR-Brille im Halbdunkeln nicht immer funktioniert hat. Dieser Effekt sollte sich jedoch mit wiederholtem Arbeiten mit der AR-Brille stark reduzieren.

Von hohem Interesse sind auch die didaktischen Reflexionen der Lehramtsstudierenden bzgl. des Einsatzes der AR-Experimentierumgebung, in denen sie von „einer anderen Erfahrung“ sprechen, da die physikalischen Inhalte „von einem anderen Blickwinkel“ gezeigt werden. Insgesamt wird die AR-Experimentierumgebung auch für die Präsentation der Experimente als nützlich angesehen, da die Feldvisualisierungen am Experiment unterstützend wirken können: *„[Die AR-Experimentierumgebung] unterstützt, denn man hat sich nicht so um Kopf und Kragen geredet, um die Feldstärke zu beschreiben und die Flussdichte und wie das zusammenhängt. So etwas ist immer sehr schwierig zu erklären, was man nicht sehen [oder] [...] spüren kann, versteht man nicht.“* Diese Aussage untermauert die Projektidee, dass AR es über die Visualisierungen der berechneten Felder schaffen kann, den mathematischen und den experimentellen Lernraum miteinander zu verbinden. Weiterhin wird betont, dass mit AR „anschaulichere Experimente“ entstehen, da „die sonst unsichtbaren [Felder]“ durch die Darstellung über „Vektorpfeile direkt vor einem schweben“. Es wird explizit erwähnt, dass damit „die Vorstellung von Feldern“ gefördert, sowie „das Verständnis der Wirkung dieser“ verdeutlicht wird. Insgesamt sehen 87,5% der Studierenden auch in didaktischer Hinsicht, sowohl zur Unterstützung der Lehrenden als auch zur Unterstützung der Lernenden einen großen Vorteil der AR-Experimentierumgebung gegenüber dem klassischen Experiment.

Im zweiten Teil der Evaluation wurde ein möglicher Wissensgewinn oder Wissensverlust der Teilnehmenden insbesondere im Hinblick auf die vernetzenden Fachstrukturen der Elektrizitätslehre untersucht. Insgesamt gibt es eine höhere Anzahl an Wissensnetzungen bei den Lernenden nach dem Experimentieren mit der AR-An-

wendung. Das stützt zunächst die Hypothese, dass AR zwei Lernräume vereint und so eine engere Verknüpfung zwischen beiden schafft. Weiterhin konnten Fehlvorstellungen der Lernenden im Schnitt minimal reduziert werden. Im Allgemeinen können diese Aussagen aber noch nicht ausschließlich auf die AR-Anwendung bezogen werden, da alleine der Aspekt des Experimentierens auch große Auswirkungen haben kann. Daher schließt sich hier eine Vergleichsstudie zwischen dem Experiment mit AR-Anwendung und dem Experiment ohne AR-Anwendung, aber mit entsprechenden Ersatzdarstellungen, an.

Um eine noch stärkere Verbindung zwischen Theorie und Experiment zu schaffen, wurden basierend auf der Evaluation in einer zweiten Version der AR-Experimentierumgebung zusätzlich Formeln zur Beschreibung der Felder und deren Kraftwirkung auf geladene Teilchen aus dem theoretischen Lernraum eingebunden und ebenfalls an die experimentellen Parameter gekoppelt. Verändert man nun beispielsweise den Spulenstrom und damit das anliegende Magnetfeld, wird die Formel für das Magnetfeld oben rechts in der Anwendung eingeblendet und farblich in der Formel für die Kraftwirkung auf die Elektronen markiert (vgl. Abbildung 2). Dem Lernenden wird die Formel, die für das physikalische Verständnis relevant ist, in der jeweiligen Situation in direktem Zusammenhang gezeigt, sodass die räumliche und zeitliche Kontiguität erhöht und damit weiterhin die kognitive Belastung reduziert werden kann.

5. Zusammenfassung / Ausblick

Augmented Reality bietet für den Bildungsbereich zahlreiche Möglichkeiten, immersive und hybride Lehr-Lern-Räume zu erschaffen, in denen digitale Informationen nahtlos in die physische Welt integriert werden können. In diesem Beitrag wurde ein konkretes Beispiel einer derartigen Lehr-Lern-Umgebung aus den Naturwissenschaften präsentiert und in einer explorativen Studie qualitativ evaluiert. Tendenziell wird dabei sowohl das Lernen, als auch das Lehren in und mit dieser hybriden Umgebung positiv bewertet, wenngleich einige Optimierungspotenziale identifiziert werden konnten. Während sich auch in weiteren, teils quantitativen Studien grundsätzlich positive Effekte bei der Verwendung von AR abzeichnen, steht die empirische Forschung in diesem Bereich gerade erst am Anfang. Zusammen mit der Entwicklung weiterer Anwendungsfelder sollten daraus beispielsweise generalisierbare, lern- und kompetenzförderliche Gestaltungskriterien von AR-Umgebungen abgeleitet werden. Da die brillenbasierte AR mittel- bis langfristig als Nachfolgetechnologie von Smartphones prognostiziert wird (Qualcomm Technologies, 2016), sollten didaktische Kriterien und Konzepte zum Einsatz immersiver AR im Bildungsbereich in der Breite bereits entwickelt werden, *bevor* diese Technologie Alltag und Bildung, ähnlich wie heute Smartphones, prägt.

Dieses Lehrprojekt wurde im Rahmen des Innovationsprogramms Gute Lehre der TUBraunschweig aus dem BMBF-Projekt teach4TU unter dem Förderkennzeichen 01PL17043 gefördert.

Literatur

- Albe, V., Venturini, P. and Lascours, J. (2001) 'Electromagnetic Concepts in Mathematical Representation of Physics', *Journal of Science Education and Technology*, 10(2), 197–203.
- Bacca, J. et al. (2014) 'Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications', *Educational Technology & Society*, 17(4), 133–149.
- Mayer, R.E. (2005) 'Cognitive Theory of Multimedia Learning', in Mayer, R. (ed.) *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 31–48.
- Qualcomm Technologies, I. (2016) *The Mobile Future of Augmented Reality*. Available at: <https://www.qualcomm.com/documents/mobile-future-augmented-reality>.
- Uhden, O. (2016) 'Verständnisprobleme von Schülerinnen und Schülern beim Verbinden von Physik und Mathematik', *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 13–24. doi.org/10.1007/s40573-015-0038-4.